

**ANALISIS KEMAMPUAN VISUAL-SPASIAL DAN HUBUNGANNYA  
DENGAN AKTIVITAS KOGNITIF SERTA STRATEGI PEMAHAMAN  
VISUAL SISWA SMA DALAM MEMPELAJARI VIDEO  
PROSES FOTOSINTESIS**

**TESIS**

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Biologi



Oleh :  
**TARI REZKY AYUNDA**  
**1706593**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
2019**

**ANALISIS KEMAMPUAN VISUAL-SPASIAL DAN HUBUNGANNYA  
DENGAN AKTIVITAS KOGNITIF SERTA STRATEGI PEMAHAMAN  
VISUAL SISWA SMA DALAM MEMPELAJARI VIDEO  
PROSES FOTOSINTESIS**

Oleh

Tari Rezky Ayunda

S.Pd Universitas Pendidikan Indonesia

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Sekolah Pascasarjana Program Studi Pendidikan  
Biologi

© Tari Rezky Ayunda 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KEMAMPUAN VISUAL-SPASIAL DAN HUBUNGANNYA DENGAN  
AKTIVITAS KOGNITIF SERTA STRATEGI PEMAHAMAN VISUAL SISWA  
SMA DALAM MEMPELAJARI VIDEO  
PROSES FOTOSINTESIS**

Oleh:

**Tari Rezky Ayunda**

1706574

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



**Dr. rer. nat. Adi Rahmat, M.Si**  
NIP. 1965123019921001


Pembimbing II



**Dr. Hj. Sariwulan Diana, M. Si**  
NIP. 196202111987032003

Mengetahui:

Ketua Prodi Pendidikan Biologi  
Sekolah Pascasarjana



**Dr. Bambang Supriatno, M.Si**  
NIP. 196305211988031002

**ANALISIS KEMAMPUAN VISUAL-SPASIAL DAN HUBUNGANNYA  
DENGAN AKTIVITAS KOGNITIF SERTA STRATEGI PEMAHAMAN  
VISUAL SISWA SMA DALAM MEMPELAJARI VIDEO  
PROSES FOTOSINTESIS**

**Tari Rezky Ayunda**

NIM. 1706593

**ABSTRAK**

Banyak temuan menunjukkan kebanyakan siswa yang mempelajari informasi bergambar seperti grafik, diagram, dan video belum memperlihatkan pencapaian hasil belajar yang diharapkan, terutama dalam mempelajari konsep abstrak seperti fotosintesis. Pemahaman terhadap informasi bergambar ini melibatkan kombinasi antara kemampuan visual-spasial, aktivitas kognitif, dan strategi pemahaman visual. Untuk itu diperlukan suatu penelitian terkait kemampuan visual-spasial, aktivitas kognitif, strategi pemahaman visual, serta hubungannya sehingga dapat digunakan dalam mendesain media pembelajaran yang sesuai. Metode penelitian yang digunakan ialah penelitian deskriptif yang dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Partisipan dalam penelitian ini ialah sepuluh orang siswa SMA kota Bandung yang diambil dengan *convenience sampling*. Data diambil dengan melakukan observasi, verbal *record*, dokumentasi, dan tes. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan visual-spasial siswa umumnya berada pada kategori sedang. Selanjutnya data verbal menunjukkan terdapat lima jenis aktivitas kognitif yang muncul saat siswa mempelajari video proses fotosintesis yakni mengingat pengetahuan sebelumnya, mengidentifikasi gambar, memaknai kode/symbol, berhipotesis, dan menginferensi. Data lain yang diperoleh yaitu keseluruhan siswa memperlihatkan penggunaan ketiga strategi pemahaman visual saat mempelajari video diantaranya strategi pemahaman tingkat rendah, strategi pemahaman tingkat tinggi, dan strategi pemahaman metakognitif, hanya saja dominasi pada tiap siswa cukup berbeda. Selain itu diperoleh pula rerata representasi mental siswa yang berada pada kategori sedang. Hasil statistik maupun analisis kualitatif secara keseluruhan menunjukkan terdapat hubungan korelasi positif antara kemampuan visual spasial, aktivitas kognitif, strategi pemahaman tingkat tinggi, dan strategi pemahaman metakognitif saat siswa mempelajari video proses fotosintesis.

**Kata kunci :** Kemampuan visual-spasial, aktivitas kognitif, strategi pemahaman visual, representasi mental, video proses fotosintesis

# **ANALYSIS OF VISUAL-SPATIAL ABILITY AND ITS RELATIONSHIP WITH THE COGNITIVE ACTIVITY AND VISUAL UNDERSTANDING STRATEGY IN LEARNING PHOTOSYNTHESIS VIDEO**

**Tari Rezky Ayunda**

NIM. 1706593

## **ABSTRACT**

Many findings show that most students whose studying pictorial information such as graphs, diagrams and videos haven't shown the desired learning outcomes, especially in learning complex concepts like photosynthesis. The understanding of pictorial information involves a combination of visual-spatial abilities, cognitive activities, and visual understanding strategies. For this reason, research about visual-spatial abilities, cognitive activities, visual understanding strategies, and their relationships are necessary so that they can be used in designing appropriate multimedia learning. This study was a descriptive one which includes ten senior high school students at Bandung. Data was taken by observing verbal records, documentation, and tests. The results showed that students' visual-spatial abilities were generally in the medium category. Furthermore, verbal data shows that five types of cognitive activity occur when students learn photosynthesis video, namely remembering prior knowledge, identifying images, interpreting codes/symbols, hypothesizing, and inferencing. Subsequent data shows that all of the students showed the use of three visual understanding strategies when studying videos including low-level understanding strategies, high-level understanding strategies, and metacognitive understanding strategies, but the dominance of each student was quite different. Besides, the average mental representation of students in the medium category was also obtained. The results of statistics and qualitative analysis as a whole show there is a positive correlation between visual-spatial abilities, cognitive activities, high-level understanding strategies, and metacognitive understanding strategies when students study photosynthesis process videos.

**Keywords:** Visual-spatial ability, cognitive activity, visual understanding strategies, mental representation, photosynthesis process video

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar belakang masalah .....	1
B. Rumusan masalah .....	4
C. Pertanyaan penelitian.....	5
D. Batasan masalah .....	5
E. Tujuan penelitian .....	6
F. Manfaat .....	6
G. Struktur organisasi tesis.....	7
 <b>BAB II KAJIAN TEORETIS</b>	
A. Kemampuan visual-spasial .....	9
B. Aktivitas kognitif .....	11
C. Strategi pemahaman visual .....	16
D. Representasi mental .....	19
E. Pembelajaran fotosintesis .....	21
 <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Metode penelitian .....	36
B. Definisi operasional .....	36
C. Partisipan .....	37
D. Instrumen penelitian .....	37
E. Teknik analisis data .....	41
F. Prosedur penelitian .....	46
G. Alur penelitian .....	48

#### **BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN**

A. Temuan penelitian .....	49
B. Pembahasan .....	84

#### **BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI**

A. Simpulan.....	104
B. Implikasi .....	105
C. Rekomendasi .....	105

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN-LAMPIRAN**

#### **RIWAYAT HIDUP PENULIS**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Instrumen penelitian beserta teknik pengumpulan data.....	37
3.2 Kisi-kisi <i>Mental Rotation Test</i> .....	38
3.3 Kisi-kisi <i>Think Aloud Protocol</i> .....	39
3.4 Kisi-kisi strategi pemahaman visual .....	39
3.5 Kisi-kisi konsep representasi mental siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	40
3.6 Kategori kemampuan visual-spasial mengacu Arikunto (2012).....	41
3.7 Penghitungan aktivitas kognitif dan frekuensi kemunculannya yang (Brensetter <i>et al.</i> 2017) .....	42
3.8 Interpretasi kategori siswa berdasarkan frekuensi kemunculan aktivitas kognitif (Sugiyono, 2010).....	42
3.9 Kategori kemunculan aktivitas kognitif yang diadaptasi dari Arikunto (2012).....	42
3.10 Rubrik penskoran elemen informasi pada tahap <i>order</i> yang diadaptasi dari Rahmat <i>et al.</i> (2017).....	43
3.11 Rubrik penskoran <i>elicitation</i> instrumen C-NET protokol yang diadaptasi dari Rahmat <i>et al.</i> (2017) .....	43
3.12 Rubrik penskoran proposisi ( <i>causal network</i> ) instrumen CNET yang diadaptasi dari Rahmat <i>et al.</i> (2017) .....	44
3.13 Kategori representasi mental berdasarkan pencapaian representasi mental siswa yang mengacu pada Arikunto (2010) .....	45
3.14 Interpretasi kekuatan koefisien korelasi yang mengacu pada Santoso (2003) .....	45
4.1 Rata-rata dan standar deviasi kemampuan visual-spasial siswa .....	49
4.2 Uji normalitas Saphiro Wilk dari rotasi mental dan visualisasi spasial .....	51
4.3 Uji korelasi Spearman kemampuan rotasi mental dan visualisasi spasial ...	51
4.4 Persentase kategori representasi mental siswa setelah mempelajari video proses fotosintesis .....	55



4.5	Rerata skor representasi mental siswa setelah mempelajari video proses fotosintesis.....	57
4.6	Hasil uji normalitas Saphiro Wilk terhadap data kemampuan visual-spasial, frekuensi aktivitas kognitif, strategi pemahaman visual, dan representasi mental siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	59
4.7	Hasil uji korelasi Pearson dan Spearman terhadap data kemampuan visual-spasial, representasi mental, aktivitas kognitif dan strategi pemahaman visual siswa .....	60

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema analisis hasil <i>Think Aloud Protocol</i> .....	15
2.2 Struktur kloroplas beserta bagian-bagiannya.....	23
2.3 Gambaran umum proses fotosintesis .....	23
2.4 Struktur fotosistem dan komponen tilakoid.....	25
2.5 Alur reaksi terang fotosintesis .....	26
2.6 Alur pengangkutan elektron dari air menuju NADP+ .....	26
2.7 Alur sintesis ATP.....	27
2.8 Siklus Calvin.....	29
2.9 Tampilan konten video proses fotosintesis (Tepla & Klimova, 2014) .....	32
2.10 Tampilan konten video proses fotosintesis (Ryoo & Linn, 2011) .....	33
2.11 Tampilan konten video proses fotosintesis (Hasanal dan Nulhakim, 2015) .....	34
2.12 Tampilan konten video proses fotosintesis 3D animasi .....	35
3.1 Skema alur penelitian.....	48
4.1 Persentase siswa berdasarkan kategori kemampuan visual-spasial dari <i>Mental Rotation Test</i> (MRT) dan <i>Paper Folding Test</i> (PFT).....	49
4.2 Skor kemampuan visual-spasial untuk setiap siswa .....	50
4.3 Persentase kemunculan aktivitas kognitif siswa saat mempelajari video proses fotosintesis.....	52
4.4 Persentase kemunculan tiap jenis aktivitas kognitif siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	52
4.5 Kemunculan aktivitas kognitif pada setiap siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	53
4.6 Persentase kemunculan strategi pemahaman siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	54
4.7 Persentase kemunculan strategi pemahaman siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	55
4.8 Nilai representasi mental setiap siswa .....	56
4.9 Skor masing-masing komponen representasi mental siswa setelah mempelajari video proses fotosintesis .....	56

4.10 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K1) pada siswa V1 .....	64
4.11 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K2) pada siswa V1 .....	64
4.12 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K3) pada siswa V1 .....	65
4.13 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K4) pada siswa V1 .....	65
4.14 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K5) pada siswa V1 .....	66
4.15 Jenis strategi tingkat rendah pada siswa V1 .....	66
4.16 Jenis strategi tingkat tinggi pada siswa V1 .....	67
4.17 Jenis strategi metakognitif pada siswa V1 .....	68
4.18 Jawaban siswa V1 pada bagian <i>order</i> instrumen C-NET .....	68
4.19 Jawaban siswa V1 pada bagian <i>elicitation</i> instrumen C-NET .....	69
4.20 Jawaban siswa V1 pada bagian <i>causal network</i> instrumen C-NET .....	70
4.21 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K1) pada siswa V2 .....	71
4.22 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K2) pada siswa V2 .....	71
4.23 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K3) pada siswa V2 .....	72
4.24 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K5) pada siswa V2 .....	73
4.25 Jenis strategi tingkat rendah pada siswa V2 .....	73
4.26 Jenis strategi tingkat tinggi pada siswa V2 .....	74
4.27 Jenis strategi metakognitif pada siswa V2 .....	74
4.28 Jawaban siswa V2 pada bagian <i>order</i> instrumen C-NET .....	75
4.29 Jawaban siswa V2 pada bagian <i>elicitation</i> instrumen C-NET .....	76
4.30 Jawaban siswa V2 pada bagian <i>causal network</i> instrumen C-NET .....	77
4.31 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K1) pada siswa V3 .....	78
4.32 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K2) pada siswa V3 .....	78
4.33 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K3) pada siswa V3 .....	79
4.34 Verbal <i>record</i> aktivitas kognitif (K5) pada siswa V3 .....	79
4.35 Jenis strategi tingkat rendah pada siswa V3 .....	80
4.36 Jenis strategi tingkat tinggi pada siswa V3 .....	80
4.37 Jenis strategi metakognitif pada siswa V3 .....	81
4.38 Jawaban siswa V3 pada bagian <i>order</i> instrumen C-NET .....	82
4.39 Jawaban siswa V3 pada bagian <i>elicitation</i> instrumen C-NET .....	82
4.40 Jawaban siswa V3 pada bagian <i>causal network</i> instrumen C-NET .....	83

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Instrumen kemampuan visual-spasial <i>Paper Folding Test</i> (PFT) .....	115
2. Instrumen kemampuan visual-spasial <i>Mental Rotation Test</i> (MRT) .....	119
3. Instrumen <i>Think Aloud Protocol</i> (TAP).....	121
4. Instrumen observasi strategi pemahaman visual .....	126
5. Instrumen representasi mental (C-NET Protokol).....	129
6. Gambaran video proses fotosintesis .....	147
7. Data rekapitulasi kemampuan visual-spasial siswa .....	153
8. Data uji normalitas Saphiro Wilk dan Pearson korelasi tes kemampuan visual spasial .....	155
9. Data rekapitulasi frekuensi aktivitas kognitif siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	156
10. Data rekapitulasi frekuensi strategi pemahaman siswa saat mempelajari video proses fotosintesis .....	157
11. Data rekapitulasi hasil tes representasi mental siswa setelah mempelajari video proses fotosintesis .....	160
12. Data uji normalitas saphiro wilk dan uji korelasi antar variabel .....	161
13. Dokumentasi pengerjaan instrumen MRT dan PFT .....	167
14. Observasi dan perekaman data <i>Think Aloud Method</i> dan strategi pemahaman visual saat siswa mempelajari video proses fotosintesis .....	168

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I. (2018). *Proses Pembelajaran Digital dalam Era Revolusi Industri 4.0*. Jakarta : Depristedikti.
- Arentze T., Dellaert, B.G.C., & Timmermans, H.J.P. (2008). Modeling and Measuring Individual's Mental Representation of Complex Spatio-Temporal Decision Problems. *Environment and Behavior*, 40 (6), 843-869
- Arikunto, S. (2012). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta : Bumi Aksara
- Arliswan, F. (2018). Identifikasi Miskonsepsi Siswa Kelas XII SMAN 3 Padang Tentang Materi Metabolisme dengan Menggunakan Teknik Certainty of Response Index (CRI). *Jurnal Universitas Negeri Padang*.
- Bereiter, C., dan Scardamalia, M. (2006). Education for the knowledge age: Design- centered models of teaching and instruction. In P. A. Alexander & P. H. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 695–714). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum
- Bodner G.M., dan McMillen T.L.B. (1986). Cognitive Restructuring as an Early Stage in Problem Solving. *Journal of Research in Science Teaching* 23 (8), 727-737
- Brensetter, M., Sandman A., & Florian C. (2017). Understanding pictorial information in biology: students' cognitive activities and visual reading strategies. *International Journal of Science Education*. <http://doi.org/10.1080/09500693.2017.1320454>
- Buckley, J., Seery N., Canty, D., & Gumaerus, L. (2018). Visualization, Inductive Reasoning, and Memory Span as Components of Fluid Intelligence: Implications for Technology Education. *International Journal of Educational Research* 90, 64–77
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson R.B. (2008). *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., Cain, M.L., Wasserman, S.A., Minorsky, P.V., & Jackson R.B. (2017). *Biology Eleventh Edition*. New York : Pearson Education.
- Canham, M., and Hegarty M. ( 2010). Effects of Knowledge and Display Design on Comprehension of Complex Graphics. *Learning and Instruction* 20, 155–166.
- ChanLin, L. (2000) Attributes of animation in learning scientific knowledge. *Journal of Instructional Psychology*, 27(4), 239-243.

- Cheng, M.W., & Gilbert, J.K. (2014). Students' Visualization of Diagrams Representing the Human Circulatory System: The Use of Spatial Isomorphism and Representational Conventions. *International Journal of Science Education*, 37(1), 136–161
- Chi, M.T., Feltovich P.J, and Glaser, R. (1981). Categorization and Representations of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science* 5, 121–152.
- Chi, M.T. (2008). Three Types of Conceptual Change: Beliefrevision, Mental Model Transformation, and Categorical Shift. *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 61-82.
- Clement, J., dan Vosniadou, S. (2008). The Role of Explanatory Models in Teaching for Conceptual Change. *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 417-452.
- Contero M., Martin J., Saorin J.L., & Martin N. (2009). Do Video Games Improve Spatial Abilities of Engineering Students? *International Journal of Engineering Education*, 25(6), 1194-1204
- Cook, M. P. (2006). Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load. *Science Education* 90, 1073–1091
- Cook, M.P., Carter G., and Wiebe E.N. (2008). The Interpretation of Cellular Transport Graphics by Students with Low and High Prior Knowledge. *International Journal of Science Education* 30 (2), 239–261
- Crane, T. (2016). *The Mechanical Mind*. New York : Routledge.
- Creswell, J. (2015). *Riset Pendidikan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Cromley, J.G., Snyder, L.E., & Luciw, U.A. (2010). Cognitive Activities in Complex Science Text and Diagrams. *International Journal of Contemporary Educational Psychology*. 35, 59–74
- Diana, S. (2019). Implementation of Jigsaw Cooperative Learning to Improve Students' Analyze Competency of Metabolism Concept. *Journal of Physics: Conference Series*. [doi:10.1088/1742-6596/1157/2/022094](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022094)
- Dwyer, F.M. (1978). *Strategies for Improving Visual Learning*. State-Collage Pennsylvania : Learning Services
- Edmonds, C.J., dan Pring, L. (2006). Generating Inferences from Written and Spoken Language: A Comparison of Children with Visual Impairment and Children with Sight. *British Journal of Developmental Psychology*, 24, 337–351.

- Eiliam, B. (2013). *Possible Constraints of Visualization in Biology: Challenges in Learning with Multiple Representations*. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Ekstrom, R.B., French, J.W., Harman, H.H., & Dermen, D. (1976). *Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests*. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Hopskin (t.t). *What is spatial ability? - Johns Hopkins Center for Talented Youth*. Diakses dari: <https://cty.jhu.edu/talent/docs/SpatialMore.pdf>
- Hasanah U., dan Nulhakim L. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Film Animasi Sebagai Media Pembelajaran Konsep Fotosintesis. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA 1 (1)*, 91-106.
- Hegarty, M., Quilici, J., Narayanan, N. H., Holmquist, S., & Moreno, R. (1999). Multimedia Instruction: Lessons From Evaluation of a Theory-Based Design. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia 8*, 119–150.
- Hegarty, M., dan Sims V.K., (1994). Individual Differences in Mental Animation during Mechanical Reasoning. *Memory and Cognition 22 (4)*, 411–430.
- Hitbullseye. (2019). *How to Handle Inference based Questions?* Diakses dari : <https://www.hitbullseye.com/Verbal/Inference-Questions.php>
- Kalyuga, S. (2008). Relative Effectiveness of Animated and Static Diagrams: An Effect of Learner Prior Knowledge. *Computers in Human Behavior 24*, 852–861
- Katz, A.N. (1987). *Individual Differences in the Control of Imagery Processing: Knowing How, Knowing When, and Knowing Self*. Individual Differences in the Control of Imagery Processing: Knowing How, Knowing When, and Knowing Self.
- Kelly, R.M. (2017). Learning from Contrasting Molecular Animations with A Metacognitive Monitor Activity. *International journal of Educación Química 28*, 181-194.
- Kozhevnikov, M., Hegarty M., and Mayer R.M. (2002). Revising the Visualizer-Verbalizer Dimension: Evidence for Two Types of Visualizers. *Cognition and Instruction 20 (1)*, 47–77
- Kozhevnikov, M., Motes A., and Hegarty M. (2007). Spatial Visualization in Physics Problem Solving. *Cognitive Science 31*, 549–579.
- Kozhevnikov, M., Kozhevnikov, M., Yu, C.J., & Blazhenkova, O. (2013). Creativity, Visualization Abilities, and Visual Cognitive style. *British Journal of Educational Psychology, 83(2)*, 196–209.

- Kragten, M., Admiraalb W., & Rijlaarsdama G. (2014). Students' Ability to Solve Process-Diagram Problems in Secondary Biology Education. *Journal of Biological Education*. doi: 10.1080/00219266.2014.888363
- Lakitan, B. (2013). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Lewalter, D. (2003). Cognitive Strategies for Learning from Static and Dynamic Visuals. *Learning and Instruction*, 13, 177–189.
- Linn, M.C., & Petersen, A.C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479–1498.
- Lowe, R.K., & Boucheix, J.M. (2016) Principled animation design improves comprehension of complex dynamics. *Learn. Instr.* 45, 72–86.
- Lowe, R.K., Boucheix, J.M., & Marint M. (2018) Perceptual Processing and the Comprehension of Relational Information in Dynamic Diagrams. *Springer International Publishing AG, part of Springer Nature*. 470–483
- Marzano, R.J., & Kendal, J.S. (2007). *The New Taxonomy of Educational Objective, Second Edition*. New Delhi : Sage Publication Company
- Mathewson, J.H. (1998). *Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators*. San Diego : John Wiley & Sons, Inc.
- Mayer, R.E. (2005). *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R.E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. New York: Cambridge University Press.
- McElhaney, K. W., Chang, H.-Y., Chiu, J. L., & Linn, M. C. (2014). Evidence for Effective Uses Of Dynamic Visualisations in Science Curriculum Materials. *Studies in Science Education*, 51(1), 49–85.
- McGee, M. G. (1979). Human Spatial Abilities: Psychometric Studies And Environmental, Genetic, Hormonal, and Neurological Influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.
- Muhuri, P.K., Shukla, A.K., & Abraham A. (2019). Industry 4.0: A Bibliometric Analysis and Detailed Overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218–235
- Muis, K. (2008). Epistemic Profiles And Self-Regulated Learning: Examining Relations in the Context of Mathematics Problem Solving. *Contemporary Educational Psychology*, 33(2), 177–208



- Nurhayati, N., Unayah, Y., & Prayitno, B. (2015). *Biologi untuk SMA/MA Kelas XII*. Bandung : Yrama Widya.
- Oxford Learning. (2017). *Difference Rote Learning Meaningful Learning* [Online]. <https://www.oxfordlearning.com/difference-rote-learning-meaningful-learning/>
- Paivio A. (1990). *Mental Representation : A Dual Coding Approach*. New York : Oxford University Press.
- Panijpan, B., Ruenwongsa, P., & Sriwattanarothai, N. (2015). Problems Encountered In Teaching/Learning Integrated Photosynthesis: A Case of Ineffective Pedagogical Practice. *Journal of Bioscience Education*. 12, 3-12
- Putri R.K., dan Harahap F. (2016). Analisis Miskonsepsi Siswa pada Konsep Fotosintesis Menggunakan Two Tiers Multiple Choice Diagnostic Tests. Prosiding Seminar Nasional Biologi/IPA dan Pembelajarannya.
- Rahmat A., Soesilawaty S.A., Nuraeni E., Yogi, & NugrohoI. (2017). Representasi Mental Siswa SMA dalam Membaca Gambar Biologi. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 22 (1).
- Raksabrata, M.R. (2018). *Hubungan Pengetahuan, Aktivitas Kognitif dan Kemampuan Representasi Mental Mahasiswa dalam Mempelajari Diagram Siklus Hidup Tumbuhan*. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Raksabrata, M.R., Rahmat A., & Diana S. (2019). The Relation of Student's Diagram Comprehension, Knowledge and Cognitive Activities while Studying Mosses Metagenesis Diagram. *Journal of Physics: Conference Series*. Ser. **1157** 022105. doi:10.1088/1742-6596/1157/2/022105
- Ratnasari, A. (2018). *Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar Siswa melalui Media Pembelajaran Berbasis Modul Interaktif Adobe Flash Cs6 pada Materi Jurnal Penyesuaian Kelas X Akuntansi di SMK Negeri 1 Boyolali*. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ristiyani, L.R. (2016). *Penggunaan Multimedia Interaktif Untuk Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar Sosiologi pada Siswa Kelas XI IPS 3 SMA Negeri 2 Karanganyar Tahun Pelajaran 2015/2016*. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
- Russell A.W., Netherwood G.M.A., & Robinson S.A. (2015). Photosynthesis In Silico. Overcoming the Challenges of Photosynthesis Education Using a Multimedia CD-ROM. *Bioscience Education* 3(1), 1-14.

- Ryoo, K., & Linn, M.C. (2012). Can Dynamic Visualizations Improve Middle School Students' Understanding of Energy in Photosynthesis? . *Journal Of Research In Science Teaching*. 49(2), 218–243.
- Salisbury, F.B., & Ross, W.C. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. Bandung: ITB Bandung.
- Salthouse, T.A., Babcock, R. L., Skovronek, E., Mitchell, D.R.D., & Palmon, R. (1990). Age and experience effects in spatial visualization. *Developmental Psychology*, 26(1), 128-36.
- Santoso S. (2003). *Mengatasi Berbagai Masalah Statistik dengan SPSS versi 11.5*. Jakarta. PT. Elex Media Komputindo.
- Schnotz, W. (1997). *Zeichensysteme und Wissenserwerb mit Neuen Informations Technologien*. Bern u.a: Huber.
- Schnotz, W., & Grzondziel, H. (1999). Individual and Co-Operative Learning with Interactive Animated Pictures. *European Journal of Psychology of Education* 14, 245–265
- Skuballaa, I.T., Dammertb, A., Renklb, A. (2018). Two Kinds of Meaningful Multimedia Learning: is Cognitive Activity Alone as Good as Combined Behavioral and Cognitive Activity?. *International journal of Learning and Instruction* 54,
- Someren, M.W.F., Barnard, Y.F., & Sanberg J.A.C. (1994). *The Think Aloud Method: A Practical Approach to Modelling Cognitive Processes*. London: Academic Press.
- Sommer, R. (1978). *The Mind's Eye: Imagery in Everyday Life*. Palo Alto, CA: Dale Seymour.
- Sorby, S.A. (1999). Developing 3-D spatial visualization skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21–32.
- Sugiyono. (2010). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung : Alfabeta
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2012). *Plant Physiology 3rd Edition*. Sunderland: Sinauer Associates Inc
- Tepla M., & Klimova H. (2014). Photosynthesis in Dynamic Animations. *Journal of Chemical Education* 91, 149–150.
- Vandenberg, S.G., & Kuse, A.R. (1978). Mental Rotations, A Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Journal of Perceptual and Motor Skills*, 47 599-604.

- Wagner, T. (2010). *Overcoming The Global Achievement Gap*. Cambridge : Harvard University.
- Wardani, R. (2018). *21<sup>st</sup> Century Educator: Menyongsong Transformasi Pendidikan 4.0*. [Online]. Diakses dari <http://senadi.upy.ac.id/wp-content/uploads/2018/05/Materi-Ratna-Wardani.pdf>
- Wetzels S.A.J., Kester L., & Van Merriënboer J.J.G. (2011). Adapting Prior Knowledge Activation: Mobilisation, Perspective Taking, and Learners' Prior Knowledge. *Computers in Human Behavior* 27, 16–21